



## Хроматографічний аналіз органічних сполук

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	
Статус дисципліни	<i>Вибіркова (Ф-каталог)</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 7 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<b>4 кредити: лекції – 36 год, практика – 18 год, СРС – 66 год</b>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>МКР, РГР, залік</i>
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	<i>Українська/Російська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Доцент каф. ОХ та ТОР, доктор хімічних наук, Роман Вікторович Приходько, <a href="mailto:rvprihodko@ukr.net">rvprihodko@ukr.net</a>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/Mzg1NDc0MjQxNDcy">https://classroom.google.com/c/Mzg1NDc0MjQxNDcy</a>

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Хроматографічний аналіз органічних сполук» складено у відповідності до освітньої програми підготовки бакалаврів Хімічна технологія та інженерія.

Навчальна дисципліна належить до дисциплін вільного вибору студентів, циклу професійної та практичної підготовки.

**Предмет навчальної дисципліни** – хімічні та хроматографічні методи комплексного дослідження органічних сполук, особливо у поєднанні із спектральними методами, такими як мас-спектрометрія та інфрачервона спектроскопія.

**Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:**

- здатність вирішення типових завдань та проблем аналітичного контролю технологічних процесів органічного синтезу;
- розділення та аналізу складних сумішей органічних сполук хімічними та хроматографічними методами;
- здатність до застосування основ сучасного якісного та кількісного групового та елементного аналізу органічних речовин при вирішенні технологічних задач;

- здатність до користування сучасними методами та методиками хроматографічного розділення складних сумішей органічних сполук для вирішення лабораторних та технологічних задач.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Хімічний та хроматографічний аналіз органічних речовин» мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **Знання:**

- здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;
- здатність оформлювати технічну документацію, згідно з чинними вимогами;
- здатність до опанування теоретичних основ та практичних навичок в технологіях органічних речовин та методах аналізу продуктів тонкого органічного та нафтохімічного синтезу;
- основ загальнотеоретичних дисциплін в об'ємі, необхідному для вирішення аналітичних завдань;
- основних методів аналізу та розділення органічних сполук;
- хімічних, фізико-хімічних та фізичних основ методів аналізу та розділення органічних сполук;
- можливості та галузі застосування методів аналізу та розділення органічних сполук;
- методів розрахунку основних хроматографічних параметрів.

#### **Уміння:**

- Знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.
- Здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження, використовуючи відповідні методи загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії.
- Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв.
- вибирати методи контролю виробництва та якості хімічних продуктів;
- обирати методи функціонального аналізу органічної сполуки та робити висновки про її будову на основі аналізу;
- проводити колоночну та тонкошарову хроматографію сумішей органічних сполук різних класів;
- проводити якісний аналіз та кількісний розрахунок результатів інструментальної хроматографії.

#### **Досвід:**

- у визначенні фізико-хімічних констант органічних речовин;
- у проведенні якісного групового та елементного аналізу органічних речовин;
- у проведенні кількісного групового та елементного аналізу органічних речовин;
- у проведенні тонкошарової хроматографії синтезованих органічних сполук різних класів;
- у проведенні препаративної колон очної хроматографії з метою розділення реакційних сумішей та виділення чистих компонентів;
- у обробці результатів якісного та кількісного інструментального хроматографічного аналізу.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Міждисциплінарні зв'язки: курс «Аналіз органічних речовин» базується на попередніх дисциплінах: «Загальна та неорганічна хімія», «Прикладна хімія», «Органічна хімія» та «Спецрозділи органічної хімії», «Аналітична хімія» тощо. Набуті в результаті вивчення курсу знання, уміння та навички будуть застосовані у курсах «Хімія і технологія органічних речовин», «Інструментальні методи хімічного аналізу», «Спектральні методи дослідження органічних сполук» та будуть використані при написанні бакалаврської роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна «Хроматографічний аналіз органічних сполук» викладається згідно учбового плану підготовки бакалавра призначена для поглибленого вивчення теорії органічних реакцій майбутніми науковцями і інженерами-технологами. До складу включено: програму курсу лекцій та програму практикуму з газової, рідинної хроматографії. Крім того, наведено набір питань для самостійної роботи.

Хроматографія є одними з найпоширеніших методів аналізу. Перевагами цього методу аналізу є висока селективність і чутливість, та висока точність визначення. Хроматографія з успіхом застосовується не тільки в хімії та біології, а й у багатьох інших галузях науки та техніки. Перелічені переваги визначають значну роль хроматографії у підготовці висококваліфікованих фахівців у галузі аналітичної хімії.

Призначений для підготовки студентів, які вміють реалізувати можливості, закладені в апаратуру для проведення хроматографії, які вміють реалізувати вже розроблені методики цього виду аналізу та розробляти нові методики.

До курсу дисципліни включено:

Загальна характеристика методів розділення сумішей та встановлення індивідуальності органічних сполук. Критерії індивідуальності та ідентичності органічних сполук. Фізико-хімічні основи хроматографічного процесу. Методи проведення хроматографії. Практичні завдання курсу «Хроматографічний аналіз органічних сполук»

### **РОЗДІЛ 1. ВСТУП ДО ХРОМАТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ**

Суть хроматографічного методу. Історія відкриття Класифікації методів хроматографічного аналізу. Словник термінів з тем „Суть хроматографічного методу”, „Класифікації методів хроматографічного аналізу

## **РОЗДІЛ 2. ТОНКОШАРОВА ХРОМАТОГРАФІЯ. ПАПЕРОВА ХРОМАТОГРАФІЯ**

## **РОЗДІЛ 3. ІОННИЙ ОБМІН ТА ІОНООБМІННА І ІОННА ХРОМАТОГРАФІЯ**

Основні поняття і сутність іонного обміну. Типи іонітів. Іоніти на основі карбонових матеріалів. Іоніти на основі синтетичних смол.

## **РОЗДІЛ 4. ТЕОРІЇ ХРОМАТОГРАФІЧНОГО РОЗДІЛЕННЯ**

Концепція теоретичних тарілок. Кінетична теорія хроматографії. Селективність та роздільча здатність хроматографічної системи.

## **РОЗДІЛ 5. РІДИННА ХРОМАТОГРАФІЯ**

Сутність методу. Рідинна колонкова хроматографія. Рідинно-твердофазна (адсорбційна) колонкова хроматографія. Рідинно-рідинна (розподільна) колонкова хроматографія. Високоєфективна рідинна хроматографія. Обладнання. Детектори. Сорбенти, рухомі фази і області застосування рідинної хроматографії. Якісний і кількісний аналіз. Гель-хроматографія.

## **РОЗДІЛ 6. ГАЗОВА ХРОМАТОГРАФІЯ**

Обладнання газохроматографічної системи і призначення окремих складових ГХ систем. Хроматографічна колонка. Тверді наповнювачі хроматографічних колонок у газотвердо фазній і газорідинній хроматографії. Вибір температури хроматографічної колонки. Застосування газо-рідинної хроматографії. Кількісний аналіз в газовій хроматографії.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри органічної хімії. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

### **Базова література:**

1. A. Braithwaite, F. J. Smith, Chromatographic Methods. Springer Book Archive, 1999. PP. 571.
2. K. Robards, D. Ryan, Principles and Practice of Modern Chromatographic Methods. Academic Press. 2021. PP. 530.

### **Додаткова література:**

3. J. C. Touchstone. Practice of Thin Layer Chromatography. Wiley. 1992. PP. 400.
4. B. Fried. Practical Thin-Layer Chromatography: A Multidisciplinary Approach. CRC Press Inc. 1996. PP. 288.
5. H. M. McNair, J. M. Miller. Basic Gas Chromatography Wiley. 2009. PP. 256.
6. P. Colin. Gas Chromatography (2nd Ed.) Handbooks in Separation Science Series. LAVOISIER S.A.S. 2021. PP. 936.
7. R. Kaiser. Gas Phase Chromatography. Springer-Verlag NY Inc. 2012. PP. 199.
8. H. Engelhardt. High Performance Liquid Chromatography. Springer. 1979. PP. 250.
9. R. L. Grob, E. F. Barry. Modern Practice of Gas Chromatography, 4th Edition. Wiley. 2004. PP. 1064.
10. E. Pfeiffer. Chromatography Applied to Quality Testing. Bio-dynamic Literature. 1984. PP. 44.
11. K. Dettmer-Wilde, W. Engewald. Practical Gas Chromatography: A Comprehensive Reference. Springer. 2014. PP. 902.

12. W.Rieman, H.F.Walton. Ion Exchange in Analytical Chemistry. International Series of Monographs in Analytical Chemistry. Academic Press. 1970. PP. 312.
  13. V.R.Meyer. Practical High-Performance Liquid Chromatography, 5th Edition. Wiley. 2010. PP. 432.
  14. E.F.Barry, R.L.Grob. Columns for Gas Chromatography: Performance and Selection 1st Edition. Wiley. 2007. PP. 312.
  15. M.F.Vitha, Chromatography: Principles and Instrumentation (Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chem) 1st Edition. Wiley. 2016. PP. 288.
  16. R.Bertholf, R.Winecker, Chromatographic Methods in Clinical Chemistry and Toxicology. Wiley. 2007. PP. 312.
  17. H. Schmidt-Traub, M.Schulte, A. Preparative Chromatography 3rd Edition, Kindle Edition. Wiley. 2020. PP. 629.
  18. M.G.Carlin. Forensic Applications of Gas Chromatography (Analytical Concepts in Forensic Chemistry Book 2) 1st Edition, Kindle Edition. 2013. PP. 186.
- Курс лекцій розташовано на ресурсі: <https://classroom.google.com/c/Mzg1NDc0MjQxNDcy>

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

##### **Лекції**

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШЕЙ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОСТІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК
2. КРИТЕРІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОСТІ ТА ІДЕНТИЧНОСТІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК
3. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ХРОМАТОГРАФІЧНОГО ПРОЦЕСУ
4. МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ХРОМАТОГРАФІЇ
  - 1.1. Колоночна рідинна хроматографія за низького тиску.
  - 1.2. Хроматографія на площині.
  - 1.3. Газова хроматографія.
  - 1.4. Високоєфективна рідинна хроматографія.

##### **Практичні заняття**

Метою практичних занять з курсу “Хроматографічний аналіз органічних сполук” є поглиблення знань дисципліни та здобуття практичних навичок і вміння застосовувати теоретичні знання до вирішення прикладних задач хімії і хімічної технології. Крім того, на практичних роботах поводяться три контрольні роботи – в сумі вони потребують аудиторні години занять. Тематика занять:

1. Поділ заліза (III) та міді (II) методом кругової паперової хроматографії.
2. Поділ суміші амінокислот.
3. Поділ та виявлення галогенідів методом (ТШХ).
4. Визначення міді у розчині сульфату міді методом колонкової іонообмінної хроматографії.
5. Визначення маси нітратів методом іонообмінної хроматографії.
6. Визначення динамічної обмінної ємності катіоніту.
7. Розділення суміші іонів нікелю та цинку на аніонітній колонці.
8. Підготовка сорбенту та заповнення насадочних хроматографічних колонок.
9. Визначення основних хроматографічних характеристик компонентів, що розділяються.
10. Визначення якісного складу бензину за індексами Ковача.
11. Визначення змісту компонента методом абсолютного калібрування.
12. Визначення складу сухого газу.

### **Розрахунково-графічна робота**

Виконання РГР має на меті застосування теоретичних знань, та умінь, отриманих на лекціях, лабораторних заняттях і в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення навчальної дисципліни «Хроматографічний аналіз органічних сполук». РГР містить 4 завдання. Завдання до РГР наведені в методичних вказівках для розрахунково-графічних робіт. Задачі складені у 30-ти варіантах. Кожен студент виконує завдання того варіанту, який визначає йому викладач.

### **Модульна контрольна робота**

Для перевірки засвоєння студентами знань, отриманих при прослуховуванні лекцій, та при самостійній роботі проводяться модульна контрольна робота. Запитання і завдання контрольних робіт носять як теоретичний, так і практичний характер. МКР проводиться за всіма темами кредитного модуля.

### **Самостійна робота студента**

<i>Вид СРС</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до практичних робіт: повторення лекційного матеріалу, вивчення розділів курсу, які заплановані для самостійного опрацювання.</i>	<i>30 годин</i>
<i>Підготовка до МКР</i>	<i>8 годин</i>
<i>Написання РГР</i>	<i>18 годин</i>
<i>Підготовка до заліку</i>	<i>10 годин</i>
<i>Разом</i>	<i>66 годин</i>

## **Політика та контроль**

### **6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Всі вимоги не суперечать законодавству України і відповідають нормативним документам Університету. У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та практичних занять і виконання домашніх завдань є обов'язковим.

Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила захисту РГР:

1. До захисту допускаються студенти, які виконали всі вимоги щодо кожного з розділів РГР.
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захисті викладач задає 2 питання щодо роботи, при очному захисті студент відповідає одразу, при дистанційному – студенту дається час (до 1 год) на письмову відповідь. За результатами роботи і захисту виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасні виконання і захист роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. За активну роботу на лекції нараховується до 2 заохочувальних балів (але не більше 5 балів на семестр).
2. За вчасне представлення на перевірку і зразковий захист РГР нараховуються 1-2 заохочувальні бали.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

**7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: активність на лекціях, виконання і захист РГР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.
3. Семестровий контроль: залік.

**Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 100 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

виконання і захист лабораторних робіт (8 робіт);

написання модульної контрольної роботи (МКР);

виконання і захист РГР.

## 2. Критерії нарахування балів:

### Модульна контрольна робота.

Ваговий бал – **60 балів**. Контрольна робота складається з 3 питань і 3 задач, кожне питання або задача оцінюється у 10 балів. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9 – 10 балів;

достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 6 – 8 бали;

неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 – 5 балів;

незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 2- 0 балів.

### 2.1. Розрахунково графічна робота (РГР).

Ваговий бал – **16 балів**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

–відмінно виконана робота, виконані всі вимоги до роботи – 16 балів;

- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки 13 – 15 балів;

- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 10 – 12 балів;

- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 32 = 16$  **балів**.

На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 72 = 36$  **балів** та виконана і надіслана

4. **Умови допуску до заліку:** необхідною умовою допуску до заліку є зарахування РГР, та написання МКР.



Якщо кількість балів, набраних студентом з дисципліни у семестрі, дорівнює або перевищує 60 % від масимальної суми, тобто дорівнює або перевищує 60 балів, то студент має можливість погодитись з сумарним рейтингом, що в такому разі складе величину його семестрового рейтингу:

$$R = rC$$

Де  $rC$  – сума балів, отриманих за семестр,  $R$  – підсумкова оцінка за курс.

Якщо студент має незадовільну оцінку його роботи у семестрі, але допущений до заліку ( $50 < rC < 60$  балів), або хоче покращити позитивну оцінку, він пише залік на заліковому тижні семестру. Залікове завдання складається з п'яти завдань (питань і задач), кожне вагою 10 балів. У цьому випадку сумарний рейтинг за курс виставляється за формулою:

$$R = 0,5 * 100 + 0,5 * 100$$

Де  $rC$  – сума балів, отриманих за семестр,  $rC$  – сума балів, отриманих на заліку,  $R$  – підсумкова оцінка за курс.

**На заліку** студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних запитання (завдання) і два практичних. Кожне питання оцінюється у 10 балів.

Система оцінювання питань:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9 – 10 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7,5 – 8,9 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 – 7,4 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою**

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Вимоги до оформлення Домашньої контрольної роботи наведені на платформі дистанційного навчання Сікорський (MOODLE) і у Електронному кампусі НТУУ «КПІ» імені Ігоря Сікорського

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент. каф. ОХ та ТОР, доктор хімічних наук, Приходько Роман Вікторович

**Ухвалено** кафедрою ОХ та ТОР (протокол № 14 від 23.06.2024)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2024)